

Савеленко Г. В.,
Ермолаев Ю. А.

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЭКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ПО ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЦЕССА ЭЛЕКТРОЭРОЗИОННОЙ ОБРАБОТКИ

В данной статье обосновывается функциональная схема экстремального регулятора по производительности процесса размерной обработки дугой, синтезированная на основе анализа технологического процесса и реализаций его параметров, имеющих стохастический характер. Предложен алгоритм работы регулятора с использованием корреляционного анализа выборок случайного процесса.

Ключевые слова: экстремальный регулятор, размерная обработка дугой.

1. Введение

Процесс размерной обработки дугой (РОД), при котором прокачивается жидкость через межэлектродный промежуток (МЭП), является одним из способов электроэрозионной обработки, который позволяет простыми средствами непрерывно (без пауз) вводить в зону обработки большие мощности электроэнергии и тем самым увеличить производительность обработки в 5...10 раз в сравнении с электроимпульсной обработкой. При этом удельные затраты энергии в данном способе приблизительно вдвое меньше, а источник питания технологического тока намного дешевле (в 3...5 раз) [1].

В данной работе рассматривается возможность реализации системы автоматического управления (САУ) с применением экстремального регулятора скорости подачи электрода-инструмента (ЭИ) построенном на использовании корреляционного метода при стохастическом характере возмущений. Как известно, при реализации алгоритмов управления процессом подачи ЭИ необходимо обеспечить условия устойчивости процедуры поиска целевой функции.

Для определения границ применения выбранного метода для поиска экстремума целевой функции необходимо провести статистическую обработку временных рядов данных на стабилизированных и нестабилизированных участках процесса РОД. Разработка и использование алгоритмов, которые уменьшают количество ошибочных управляющих команд экстремального регулятора, является актуальной задачей.

2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

В САУ для электроэрозионных станков получил распространённый способ контроля за процессом по величине падения напряжения на дуге. Характерные осциллограммы процесса РОД при нестабильном и стабильном режимах показаны на рис. 1.

Авторы ставят своей задачей нахождение экстремума по производительности процесса РОД с использованием пассивного метода для проектирования экстремального регулятора с учетом стохастических разночастотных возмущений, действующих на объект.

На электроэрозионных станках нашли применение системы поиска экстремума по функции «производительность — зазор» (1).

$$Q = f(S), \quad (1)$$

где Q — производительность процесса электроэрозионной обработки; S — зазор между электродами.

В частности, функция $Q = f(S)$ в двух конечных точках кривой принимает значение равное нулю, когда зазор больше пробивного напряжения источника питания и когда зазор равняется нулю. Поэтому, исходя из теоремы Ролля, функция $Q = f(S)$ имеет хотя бы один экстремум. Учитывая, что величина Q позитивна, то можно утверждать, что точка экстремума функции является точкой максимума. Поэтому функция $Q = f(S)$, имеет одно значение экстремума в каждый конкретный момент времени.

Входными параметрами рассматриваемой САУ скорости подачи ЭИ являются падение напряжения на дуге, величина технологического тока дуги, динамическое (статическое) давление технологической жидкости. Выходным параметром САУ является напряжение задания скорости, которое подается на вход системы автоматизированного электропривода подачи ЭИ. Упрощенный принцип работы экстремального регулятора можно показать функциональной схемой, приведенной на рис. 2.

На рис. 2 значения: i , u , p_s соответственно мгновенные значения тока, напряжения дуги и статического давления рабочей жидкости; z — коэффициент, характеризующий геометрию ЭИ и толщину заготовки; $q = [mT]$ — выборка расчетных значений производительностей за периоды; $u = [mT]$ — выборка мгновенных значений напряжения

дуги за период; r_i — значение взаимной корреляционной функции за i -й период; kr_i — значение корреляционной функции скорости подачи ЭИ за период (текущий цикл работы ПЛК); Y_{i-1} — значение уставки на предыдущем цикле работы ПЛК; Y_i — значение текущей уставки ЭР, которые рассчитываются по выражению (2).

$$Y_i = Y_{i-1} \pm kr_i. \quad (2)$$

прослойка сажи из продуктов эрозии. Данная прослойка будет вызывать падение напряжения на дуге, подобное падению напряжения при стабильном процессе РОД, но ток, который протекает через МЭП не будет вызывать электроэрозию, а будет увеличивать эту прослойку.

В [3] приведена экстремальная система по минимизации износа ЭИ. Поиск экстремума осуществляется с помощью шаговых алгоритмов. САУ разработана для электроимпульсного станка и для применения в нашем случае требует существенных переделок.

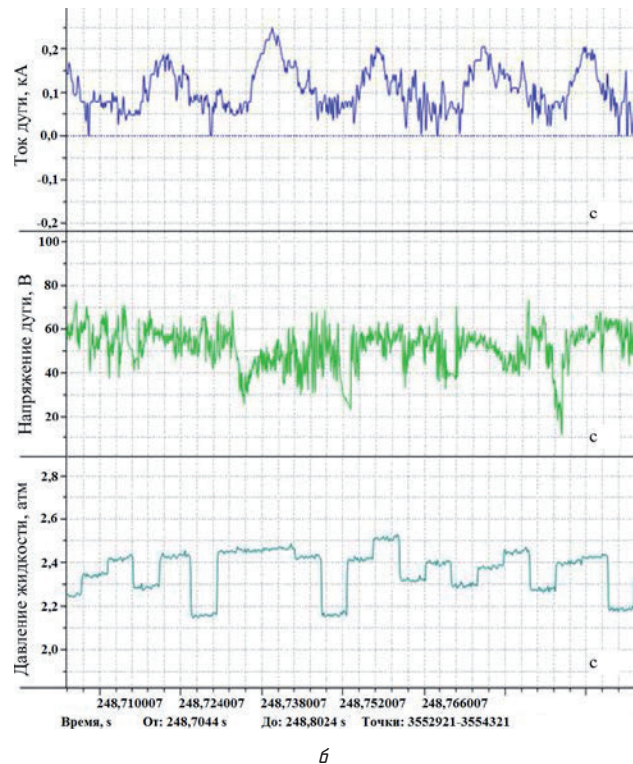
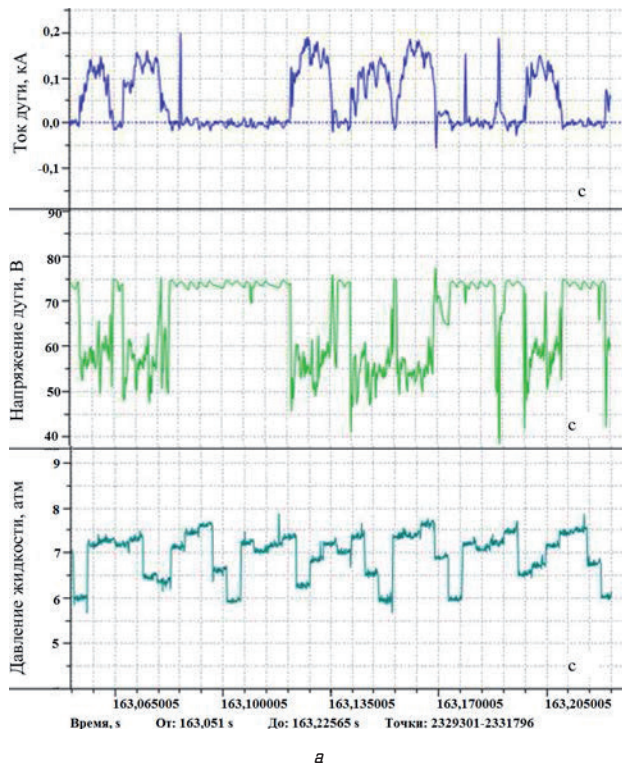


Рис. 1. Осциллограммы процесса РОД: а — нестабильный режим горения дуги; б — стабильный режим горения дуги

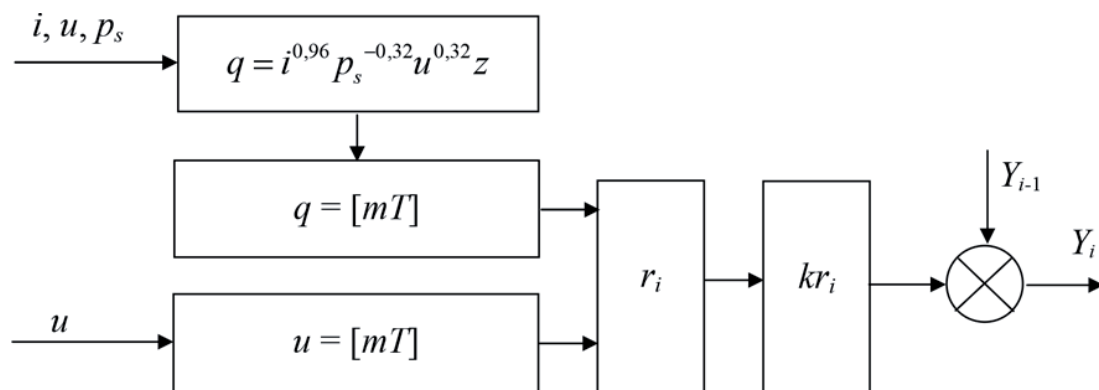


Рис. 2. Функциональная схема экстремального регулятора

В статье [2] рассматривается система стабилизации по параметру — падение напряжения на дуге. Недостатком данной САУ является недостаточная информированность о процессе РОД, так как по одной величине напряжения на дуге не всегда можно судить о стабильности протекания процесса. Например, при недостаточной прокачке технологической жидкости может возникнуть

В [4] приведена САУ поддержки режима горения дуги. Предложен метод определения оптимальных параметров рабочей точки дуги, основанный на зависимости взаимной корреляции между параметрами тока и падением напряжения на дуге. Недостатком предложенного метода является малый интервал выборки (2 мс) временных параметров дуги, которые берутся

для формирования гипотезы управления и сложность в подборе исполнительного устройства с заявленной скоростью быстрогодействия. Также при наличии высокочастотных стохастических возмущений в обрабатываемых осциллограммах возможны ложные формирования гипотез по управлению подачи ЭИ.

При обзоре зарубежных САУ [5, 6], таких как ARCOS и SIMELT (Siemens VAI), HI-REG (Danieli), EMPERE (Amec Spie) и другие, которые применяются для перемещения ЭИ в дуговых сталеплавильных печах, литературные источники содержат очень скудную информацию. Это позволяет утверждать, что применение данных систем на станках РОД может вызвать значительные трудности.

В [7] предложена адаптивная САУ подачи ЭИ, которая реализована на базе контроллера типа на SIEMENS CPU414-2. К недостаткам данной системы можно отнести высокую стоимость комплектующих системы.

Недостаточная информация о влиянии внешних факторов (изменение в процессе площади обработки, изменение длины трассы эвакуации продуктов эрозии, изменение состава рабочей жидкости и др.) на процесс РОД ограничивает использование программного регулирования режимов работы станков и соответственно их реализацию САУ на базе современных промышленных контроллеров. Это обуславливает необходимость проведения исследований в этом направлении.

Для реализации экстремального регулятора по производительности возникает необходимость в предварительной стабилизации процесса РОД и решения таких задач:

1. Выбор способа определения производительности процесса РОД.
2. Расчет целевой функции экстремального регулятора по входным параметрам процесса РОД и нахождение закономерностей выходной функции на стабилизированных и нестабилизированных участках процесса РОД.

3. Результаты исследования стохастических процессов размерной обработки дугой

Объектом исследования были выбраны реализации временных параметров процесса вероятностными методами. В частности, определены корреляционные связи между производительностью процесса и падением напряжения на дуге для стационарных и нестационарных интервалов.

Исследования проводились на экспериментальном электроэрозионном станке типа АМН-1, конструктивные особенности САУ подачи ЭИ которого рассмотрены в [8].

Для достоверности проведенных исследований мгновенная производительность процесса определялась тремя способами:

- по аналитической зависимости (3), подставляя в нее мгновенные значения измеряемых величин;
- по угловой скорости электродвигателя подачи (она прямо-пропорциональна напряжению тахогенератора типа ТГ-11, который соединен соосно с валом электродвигателя подачи);
- по линейному датчику перемещения подачи ЭИ (электроэрозией самого ЭИ пренебрегаем из за малого износа — меньше 1 % при графитовом электроде марки МПГ-7).

Для работы функциональной схемы (рис. 2) одного входного параметра: падение напряжения на дуге, недостаточно и в нашем случае на вход программируемого логического контроллера (ПЛК) через блок сопряжения с датчиков подается: падение напряжения на дуге ($U_{\text{дуги}}$), ток дуги ($I_{\text{дуги}}$), статическое давление технологической жидкости (P_S) в межэлектродном промежутке.

Для прошивки малых отверстий и полостей (до 20 мм) уравнение производительности процесса РОД имеет вид [9, 10]:

$$Q = 3,138 I_{\text{дуги}}^{0,96} U_{\text{дуги}}^{0,32} P_S^{-0,32} L_{\text{max}}^{0,09} S^{0,01} C_v^{-0,23} \text{ мм}^3/\text{мин}, \quad (3)$$

где $I_{\text{дуги}}$ — сила тока, А; $U_{\text{дуги}}$ — рабочее падение напряжения на дуге, В; P_S — статическое давление, МПа; L_{max} — максимальный размер отверстия в плане. В нашем случае $L_{\text{max}} = 20$ мм; S — толщина заготовки. В нашем случае $S = 8$ мм; C_v — условная объемная сложность (круг). В нашем случае $C_v = 1$.

Такие значения как ток дуги $I_{\text{дуги}}$ и давление технологической жидкости P_S задаются технологически и поддерживаются оператором, а величину зазора МЭП САУ подачи ЭИ должна подобрать такой, при которой производительность процесса будет максимальной. В течение процесса РОД меняются: длина трассы эвакуации продуктов эрозии (за счет углубления ЭИ в деталь); площадь обработки (при фасонном ЭИ); величина концентрации продуктов эрозии (колебания величин $I_{\text{дуги}}$ и P_S); изменения свойств технологической жидкости (при изменении температуры). Поэтому для достижения максимальной производительности необходимо поддерживать скорость подачи ЭИ равной или близкой к скорости съема металла дугой.

В рассматриваемом случае для определения знака приращения kr_i (2) в экстремальном регуляторе, учитывая зависимость (1) производительности от зазора МЭП определяется значение взаимной корреляционной функции производительности процесса (скорости подачи ЭИ) от напряжения дуги (зазора МЭП) при $U_{\text{дуги}} > 20$ В [11].

При проведении натурных испытаний для получения осциллограмм рядов данных был использован измерительный комплекс, который описан в [12]. Осциллограммы временных рядов падения напряжения на дуге и производительностей процесса РОД приведены на рис. 3. Также на рис. 3 приведены расчетные значения взаимной корреляционной функции между значениями мгновенной производительности и падением напряжения на дуге.

Расчет коэффициентов скользящей корреляции выполнен с помощью пакета прикладных программ «Power-Graph» [13] с использованием экспериментальных осциллограмм полученных временных рядов.

Проведенный анализ скользящей корреляции каналов 5, 6, 7 (рис. 3) по осциллограммам показал отличия на участках со стабильным (размах значения напряжения дуги не превышает 10 В) и нестабильным (размах значения напряжения дуги превышает 10 В) значениями процесса РОД. Стабильные участки обозначены буквой «а», нестабильные — «б».

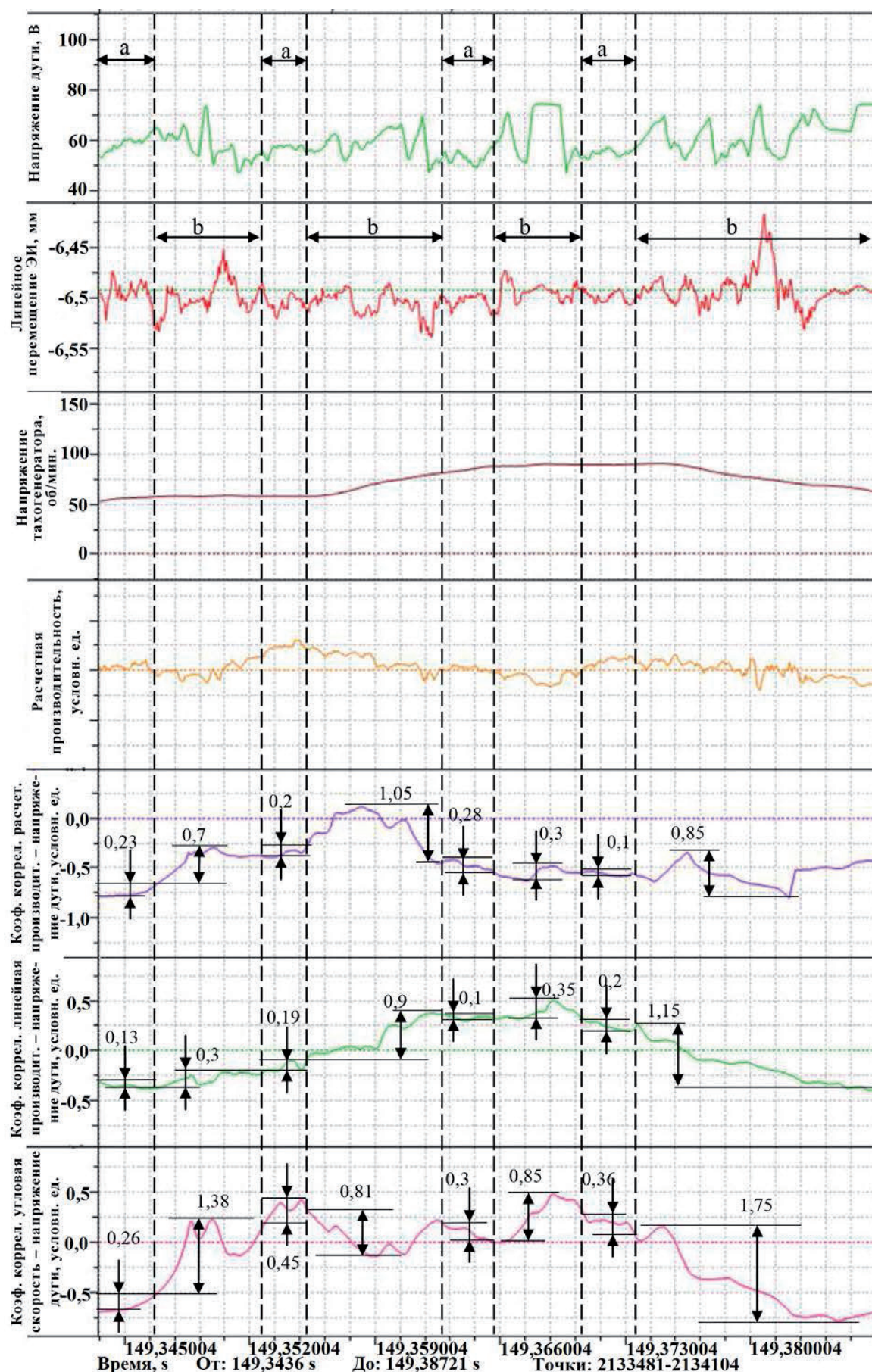


Рис. 3. Осциллограммы временных рядов падения напряжения на дуге, производительности процесса РОД и значения скользящей корреляции напряжения дуги и производительности процесса

На участках «а»:

— размах сигнала на графиках корреляционной функции принимает минимальные значения на протяжении интервала отрезка;

— фазы сигнала на графиках корреляционной функции разных производительностей от напряжения дуги совпадают на протяжении интервала отрезка.

На участках «b»:

— размах сигнала на графиках корреляционной функции принимает значения большее, чем на отрезках «а»;

— фазы сигнала на графиках корреляционной функции производительности и напряжения дуги не совпадают на протяжении интервала отрезка.

Типовая осциллограмма временных рядов падения напряжения на дуге и значение скользящей корреляции для исследуемого регулятора на стабильном участке горения дуги приведена на рис. 4.

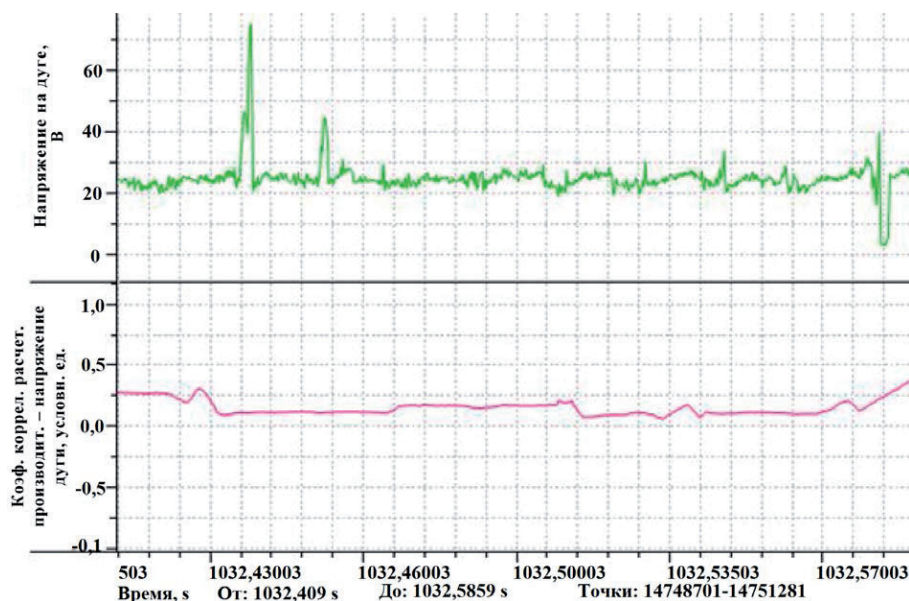


Рис. 4. Осциллограмма временных рядов падения напряжения на дуге и значение скользящей корреляции на стабильном участке горения дуги

4. Выводы

Подводя итог вышесказанному, можно сделать следующие выводы:

1. Знак приращения задания и его величина должны изменять процесс РОД таким образом, чтобы размах графика взаимной корреляционной функции был как можно меньше, как показано на рис. 4.

2. Алгоритм действий экстремального регулятора, функциональная схема которого приведена на рис. 3, на участках нестабильного горения дуги «b» будет вызывать ошибочные управляющие значения скорости подачи, что может привести к дестабилизации процесса РОД. Поэтому данный алгоритм можно применять только на стабилизированных участках горения дуги, а значит, перед применением алгоритма ЭР необходимо выполнять стабилизацию процесса РОД, используя систему стабилизации.

Література

- Носуленко, В. И. Размерная обработка металлов электрической дугой [Текст] / В. И. Носуленко // Электронная обработка материалов. — 2005. — № 1. — С. 8–17.
- Савеленко, Г. В. Обоснование алгоритма работы экстремального регулятора подачи электрода-инструмента на станках размерной обработки дугой [Текст] / Г. В. Савеленко // Материалы I международной заочной научно-практической конференции «Автоматизированное проектирование в машиностроении». — Новокузнецк: Издательский центр СибГИУ, НОЦ «МС», 2013. — С. 115–122.
- Полетаев, В. А. Экспериментальные исследования адаптивной системы управления процессом электроэрозионной обработки [Текст] / В. А. Полетаев, И. С. Сыркин // Вестник кузбасского государственного технического университета. — 2007. — № 6. — С. 72–75.
- Смирнова, Н. В. Определение параметров вольт-амперной характеристики дуги при изменении величины межэлектродного промежутка [Текст] / Н. В. Смирнова, В. В. Смирнов // Збірник наукових праць КНТУ: Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. — Кіровоград: КНТУ, 2012. — Вип. 25, Ч. 1. — С. 372–277.
- Ping Guan. Application of Fuzzy Neural Control in the Electrode regulator system of arc furnace [Text] / Ping Guan, Xiaohe Liu // 6th World Congress on Intelligent Control and Automation. — IEEE, 2006. — Vol. 2. — P. 7756–7760. doi:10.1109/wcica.2006.1713478
- Xiao-He Liu. Fuzzy-PID control for arc furnace electrode regulator system based on Genetic Algorithm [Text] / Xiao-He Liu, Rong Kuai, Ping Guan, Xiao-Mei Ye, Zheng-Lan Wu // 2009 International Conference on Machine Learning and Cybernetics. — IEEE, 2009. — Vol. 2. — P. 683–689. doi:10.1109/icmlc.2009.5212457
- Zhao, H. NN-Based Approximate Control for the EAF Electrode Regulator System [Text] / H. Zhao // Mathematical Problems in Engineering. — 2013. — Vol. 2013. — P. 1–11. doi:10.1155/2013/874890
- Єрмолаєв, Ю. О. Розробка САУ електромеханічного приводу верстата типу «ДУГА» на базі «ЭШИМ-1» [Текст] / Ю. О. Єрмолаєв, Г. В. Савеленко // Збірник наукових праць КНТУ. — Кіровоград: КНТУ, 2004. — Вип. 15. — С. 270–273.
- Носуленко, В. И. Влияние гидравлических параметров потока сервоцилиндра-диэлектрика на процесс размерной обработки электрической дугой [Текст] / В. И. Носуленко, О. С. Чумаченко // Автоматизация и информационные технологии. — ГБДММ, 2010. — № 75. — С. 93–98.
- Головко, Л. Ф. Технологические характеристики электроэрозионной обработки множественным разрядом [Текст] / Л. Ф. Головко, О. С. Чумаченко // Вісник НТУ «ХПИ». — 2012. — № 68. — С. 14–18.
- Носуленко, В. И. О физической природе, об общем и отличиях, технологических возможностях электрических разрядов и классификации способов электроэрозионной обработки металлов [Текст] / В. И. Носуленко // Электронная обработка материалов. — 2006. — № 1. — С. 4–14.
- Савеленко, Г. В. Дослідження САУ процесу РОД на верстаті з електромеханічним приводом. II Інформаційно-вимірний комплекс для проведення експериментальних досліджень [Текст] / Г. В. Савеленко, Ю. О. Єрмолаєв, В. М. Каліч // Збірник наукових праць КНТУ. — Кіровоград: КНТУ, 2012. — Вип. 25, Ч. 2. — С. 266–271.
- Измайлов, Д. Ю. PowerGraph. Справочник по функциям обработки сигналов. Часть 2 [Текст] / Д. Ю. Измайлов // ПикаД. — 2009. — № 2. — С. 26–28.

ОБҐРУНТУВАННЯ СТРУКТУРИ ЕКСТРЕМАЛЬНОГО РЕГУЛЯТОРА ПО ПРОДУКТИВНОСТІ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОЕРОЗІЙНОЇ ОБРОБКИ

У даній статті обґрунтовується функціональна схема екстремального регулятора по продуктивності процесу розмірної обробки дугою, що синтезована на основі аналізу технологічного процесу і реалізації його параметрів, які мають стохастичний характер. Запропонований алгоритм роботи регулятора з використанням кореляційного аналізу вибірок випадкового процесу.

Ключові слова: екстремальний регулятор, розмірна обробка дугою.

Савеленко Григорій Володимирович, асистент, кафедра економіки та організації виробництва, Кіровоградський національний технічний університет, Україна, e-mail: savelenko@mail.ru.

Ермолаєв Юрій Алексеевич, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації виробничих процесів, Кіровоградський національний технічний університет, Україна, e-mail: ermolaeva@ukr.net.

Савеленко Григорій Володимирович, асистент, кафедра економіки та організації виробництва, Кіровоградський національний технічний університет, Україна.

Ермолаєв Юрій Олексійович, кандидат технічних наук, доцент, кафедра автоматизації виробничих процесів, Кіровоградський національний технічний університет, Україна.

Savelenko Gregory, Kirovograd National Technical University, Ukraine, e-mail: savelenko@mail.ru.

Yermolaev Yury, Kirovograd National Technical University, Ukraine, e-mail: ermolaeva@ukr.net

УДК 004.056, 5.621.396

DOI: 10.15587/2312-8372.2014.32792

Хлапонін Ю. І.

УПРАВЛІННЯ ІНФОРМАЦІЙНОЮ БЕЗПЕКОЮ НА ОСНОВІ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Представлено аналіз розвитку інформаційно-телекомунікаційних мереж нового покоління. Метою проведених досліджень була розробка наукових основ ситуаційного управління безпекою в ІТМ на основі інтелектуальних технологій. Наведена узагальнена структура системи інтелектуального управління безпекою. Представлено структуру нейросистеми оцінки рівня безпеки в ІТМ та описано принцип її функціонування.

Ключові слова: інформаційно-телекомунікаційна мережа, інтелектуальні технології, загрози, нейросистема.

1. Вступ

Розвиток інформаційних послуг вимагає рішення завдань ефективного управління інформаційними ресурсами з одночасним розширенням функціональності інформаційно-телекомунікаційних мереж (ІТМ). У 90-х роках минулого сторіччя передбачалося, що ідея створення ІТМ буде втілена за допомогою концепції інтелектуальної мережі. У 1993 році Міжнародний союз електрозв'язку (ITU-T) затвердив перші специфікації технології Intelligent Network (IN). Основним принципом побудови інтелектуальної мережі стало логічне розділення рівня комутації та надання послуг, завдяки чому з'явилася можливість створювати нові телекомунікаційні послуги [1].

В 2014 році світовий лідер у сфері інформаційно-телекомунікаційних технологій компанія Huawei, повідомила про розвиток нового покоління бездротових мереж 5G. Технології 5G підтримуватимуть 1000-разове збільшення потужності, підключення мінімум 100 мільярдів пристроїв, а також 10 Гб/с індивідуальної активності користувача. Очікується, що 5G-технології активно розвиватимуться в наступному десятиріччі [2].

Одночасно з розвитком технологій постає питання безпеки в інформаційно-телекомунікаційних

мережах (ІТМ). З точки зору забезпечення безпеки найбільш важливими властивостями мереж є: конфіденційність (використання інфраструктури або її частини); цілісність (інфраструктури); доступність (служб та сервісів); спостереженість (за використанням інфраструктури або її частини); прихованість (використання та управління інфраструктурою) [3].

Якщо для захисту інформації найбільш важливіми заходами є запобігання загрозам конфіденційності та цілісності, то в (ІТМ) основні зусилля повинні бути направлені на запобігання загрозам доступності служб (в ІТМ атаки з метою порушення доступності реалізуються простіше) та спостереженість за використанням інфраструктури (або її частини). Доступ до інформації відбувається шляхом формування та обробки запитів до відповідних служб, які функціонують на різних серверах. Тому, в ІТМ розглядається саме доступність відповідних служб.

Таким чином можна зробити висновок, що безпека в ІТМ має істотні відмінності від забезпечення безпеки конкретної інформації в будь-якій визначеній системі. Це потребує застосування нових підходів по створенню систем безпеки в ІТМ, в тому числі, з використанням інтелектуальних технологій.

Цим обґрунтовується актуальність проведення даних досліджень.